

В.В. ФРОЛОВ, канд. техн. наук, НТУ «ХПИ», г. Харьков

КЛАССИФИКАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СТРУКТУР ИСКУССТВЕННЫМИ НЕЙРОННЫМИ СЕТЯМИ

Предложен метод классификации структуры технологического процесса механической обработки на основе искусственной нейронной сети, которая дает возможность оценить степень концентрации и дифференциации операций технологического процесса.

Запропоновано метод класифікації структури технологічного процесу механічної обробки на основі штучної нейронної мережі, що дає можливість оцінити ступінь концентрації й диференціації операцій технологічного процесу.

The discriminatory analysis of structure of a manufacturing method of machining job is offered on the basis of an artificial neural network which enables to estimate extent of density and differentiation of operations of a manufacturing method.

Одной из основных задач при автоматизированном проектировании технологических процессов является выбор наиболее подходящего технологического процесса из базы данных системы для дальнейшей его переработки или доработки. [1–8] Эффективность такого подхода зависит от алгоритма поиска. Существующие подходы обеспечивают поиск по различным признакам детали, но при этом не учитывается структура технологического процесса, а она, как показывает практика автоматизации технологического проектирования, является доминирующим фактором, обеспечивающим наиболее эффективный выбор типового технологического решения.

В связи с этим целью данной статьи является разработка подходов классификации и распознавания технологических структур с помощью искусственных нейронных сетей.

Рассмотрим структурные свойства технологических систем на примере обработки детали ОАО «ХТЗ» (см. рис. 1).

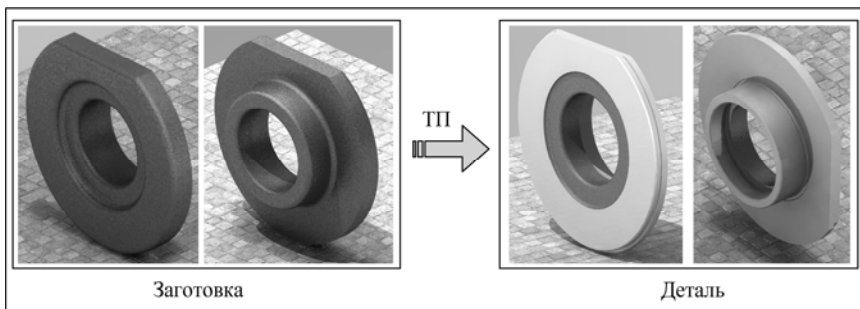


Рис. 1. Конечные состояния детали «Стакан» – 08.37.143-1

Качественные преобразования формы детали типа «стакан» по ходу технологического процесса отобразим графически на рисунках 2 – 3.

Здесь каждый фасет ([<операция>]-[<позиция>]-[<переход>]) отображает уровни структуры ТП. Структура отдельной операции неразрывно связана с возможностями станка.

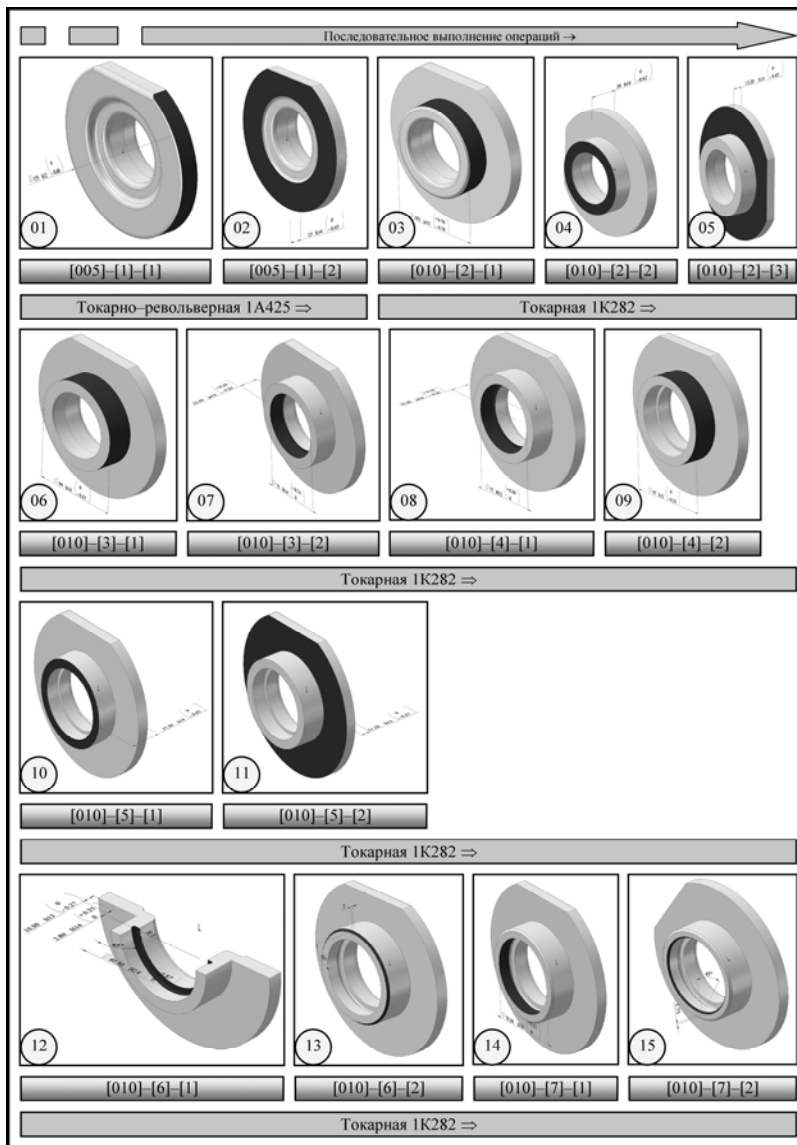


Рис. 2. Последовательность обработки детали

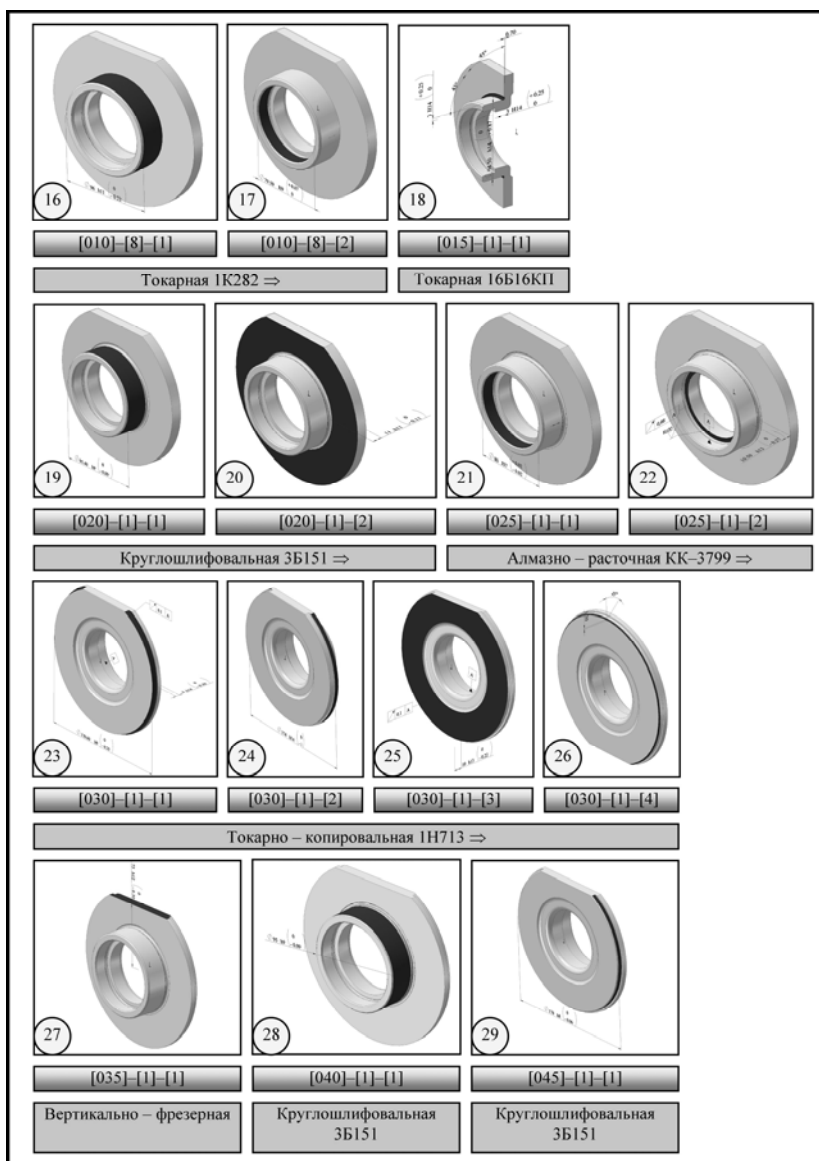


Рис. 3. Последовательность обработки детали

Современное технологическое оборудование обладает технологической избыточностью, т.е. позволяет формировать набор структур для одного типа оборудования, что позволяет оформлять их в виде типовых технологических решений. Все переходы ТП выстроены в определенном порядке на уровне

операций. На уровне переходов наблюдается частичный порядок, поскольку существуют переходы, совмещенные параллельно во времени, но за счет выделения блоков, для параллельно выполняемых переходов на разных уровнях структуры ТП, получаем линейный порядок на множестве.

Математическая модель структуры ТП должна отображать уровни, на которых выделяется порядок. Рассмотрим более подробно структуру операции 010, которая выполняется на токарном многошпиндельном вертикальном полуавтомате 1K282. На основании анализа схемы наладки (см. рис. 4) разбиваем элементы, составляющие структуру на несколько уровней: ТП – уровень технологического процесса, где наблюдается полная упорядоченность технологических операций; О – уровень технологической операции, где, чаще всего, наблюдается частичный порядок; ПОО – уровень положения объекта обработки, который можно ассоциировать с позицией обработки; ПОУ – уровень положения обрабатывающего устройства, что может выражаться в револьверной головке, различных суппортах и т.д.; БИ – уровень блока инструментов, где рассматривается возможность объединения инструментов; И – уровень инструментов; П – уровень методов обработки поверхностей. На позициях полуавтомата используются различные типы суппортов. Позиция 2 – используется суппорт параллельного действия, который реализует два движения вертикальное и горизонтальное, следовательно, можно предположить, что здесь имеем два положения обрабатывающего устройства. Позиции 3, 4, 7, 8 – оснащены вертикальными суппортами (одно движение). Позиции 5, 6 – оснащены универсальным суппортом, который может настраиваться на два альтернативных движения (одно движение). На каждый суппорт крепятся резцедержатели. В резцедержатели устанавливаются резцовые блоки, которые могут содержать один и более резцов, тогда каждый резцедержатель можно связать с уровнем БИ.

Каждый инструмент реализует определенный метод обработки поверхности, поэтому на уровне П получим набор подмножеств методов, которые имеют линейные порядок, тогда, как все множество методов имеет частичный порядок или предпорядок. В результате, для того чтобы сформировать структуру технологической операции необходимо на уровне П иметь определенный предпорядок, который позволит разбить множество методов обработки элементарных поверхностей на подмножества, между которыми устанавливается полный порядок. Структура, представленная на рисунке 4, может быть расширена до уровня технологического процесса (см. рис. 5).

Свойства такой структурной модели следующие:

1. Подмножества, входящие во все множество элементов заданного уровня не пересекаются.

2. Каждый последующий уровень состоит из подмножеств, которые включают подмножества предыдущего уровня.

3. На каждом подмножестве задается отношение линейного порядка или отношение эквивалентности, по совмещению во времени для элементов, составляющих это подмножество.

Например, рассмотрим модель структуры на рисунке 4. На уровне П наблюдаем 15 одноэлементных подмножеств, на которых задано отношение эквивалентности. Аналогично для уровней И, БИ. На уровне И каждое подмножество включает в себя подмножество уровня П, а для уровня БИ – уровня И. На уровне ПОУ сформировано 7 подмножеств, на которых установлено отношение эквивалентности по совмещению во времени. Каждое из этих подмножеств включает подмножества уровня БИ.

Классификацию технологических структур можно производить на основе вычисления расстояний Хемминга (см. рис. 7). Структурную модель ТП, в этом случае, необходимо представить в виде массива статических векторов со структурой, представленной на рисунке 6. На основе этого массива формируется бинарная идентификационная матрица технологической структуры, которая является основой классификации.

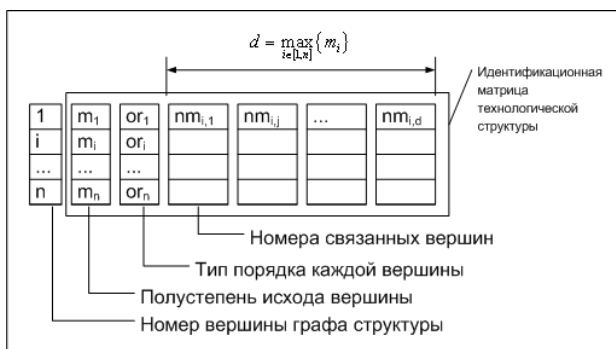


Рис. 6 – Структура массива статических векторов структурной модели ТП

Здесь n – количество вершин графа структуры ТП; i – номер вершины на графе; m_i – полустепень исхода вершины; or_i – тип порядка вершины; $nm_{i,j}$ – номер подчиненной вершины; d – количество столбцов ссылок.

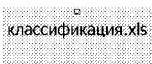
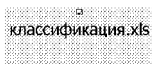
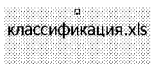
Количество столбцов и строк идентификационной матрицы рассчитывается по формуле

$$\begin{cases} idcols = \max_{i \in [1,n]} \{m_i\} + 2 \\ idrows = n \end{cases}.$$

Для классификации структуры необходимо три матрицы: матрица, описывающая структуру с максимальной концентрацией операций; матрица, описывающая структуру с максимальной дифференциацией операций; матрица, описывающая текущую структуру (см. рис. 8). Причем указанные матрицы формируются на одном исходном множестве методов обработки, а количество рецепторов сети определяется по большей матрице. Нумерация вершин графа начинается с корня дерева и производится слева – направо и сверху – вниз.

Алгоритм классификации технологических структур

1. Формируем матрицы образов

$\text{maxk} :=$  $\text{maxd} :=$  $\text{tek} :=$ 
 классификация.xls классификация.xls классификация.xls

2. Приводим к одной системе координат

2.1 Оценка размера каждой матрицы

$\text{rows}(\text{maxk}) = 51$ $\text{cols}(\text{maxk}) = 14$ $\text{id} := \begin{pmatrix} \text{rows}(\text{maxk}) & \text{cols}(\text{maxk}) \\ \text{rows}(\text{maxd}) & \text{cols}(\text{maxd}) \\ \text{rows}(\text{tek}) & \text{cols}(\text{tek}) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 51 & 14 \\ 73 & 14 \\ 54 & 9 \end{pmatrix}$
 $\text{rows}(\text{maxd}) = 73$ $\text{cols}(\text{maxd}) = 14$
 $\text{rows}(\text{tek}) = 54$ $\text{cols}(\text{tek}) = 9$

2.2 Определения размера и формирование фрейма бинарной идентифицирующей матрицы

$\text{idcols} := \max(\text{id}^{(1)}) = 14$ $\text{idrows} := \max(\text{id}^{(0)}) = 73$
 $i := 0.. \text{idrows}$ $j := 0.. \text{idcols}$ $\text{mframe}_{i,j} := 0$

2.3 Размещение матриц исходных данных в одной системе координат

$\text{hmaxk} := \text{putregion}(\text{mframe}, \text{maxk}, 0, 0)$
 $\text{hmaxd} := \text{putregion}(\text{mframe}, \text{maxd}, 0, 0)$
 $\text{htek} := \text{putregion}(\text{mframe}, \text{tek}, 0, 0)$

3. Преобразование матриц в рецепторы сети

3.1 Формируем матрицу исходных образов $\text{view} := \text{augment}(\text{km3}(\text{hmaxk}), \text{km3}(\text{hmaxd}))$

3.2 Преобразуем в рецепторы сети $i := 0.. \text{cols}(\text{view}) - 1$ $\text{tt}^{(i)} := \text{formh}(\text{view}^{(i)})$

4. Инициализация сети

Матрица синаптических коэффициентов $\underset{\sim}{W}_{00} := \text{hemmini}(\text{tt})_0$
 $\underset{\sim}{T}_{00} := \text{hemmini}(\text{tt})_1$

5. Получение классификационного вектора

5.1 Формирование рецепторов сети: $\text{test} := \text{formh}(\text{km3}(\text{htek}))$

5.2 Определение сетью расстояний и номера подходящего образца $\text{rezx} := \text{hemmwork}(\text{test}, \underset{\sim}{W}, \underset{\sim}{T}, 100)$

5.3 Результаты работы сети

Номер образца: $\text{rezx}_{0,0} = 1$ Вектор классификации: $\text{cv} := \text{rezx}_{0,1} = \begin{pmatrix} 7.414129 \times 10^3 \\ 7.36321 \times 10^3 \end{pmatrix}$ $\text{rezx}_{0,2} = 101$

5.4 Нормировка вектора

Длина исходного: $\text{dcv} := \sqrt{\sum_{i=0}^{\text{rows}(\text{cv})-1} (\text{cv}_i)^2} = 1.045 \times 10^4$ Нормировка: $\overrightarrow{\text{ncv}} := \frac{\text{cv}}{\text{dcv}} = \begin{pmatrix} 0.71 \\ 0.705 \end{pmatrix}$

Рис. 7. Формирование классификационного вектора

Обучающими образцами сети будут матрицы дифференциации и концентрации, в этом случае сеть определит степень близости текущей матрицы

к одной из крайних структур ТП, в виде вектора расстояний Хемминга, который и будет основным классификационным признаком структуры.

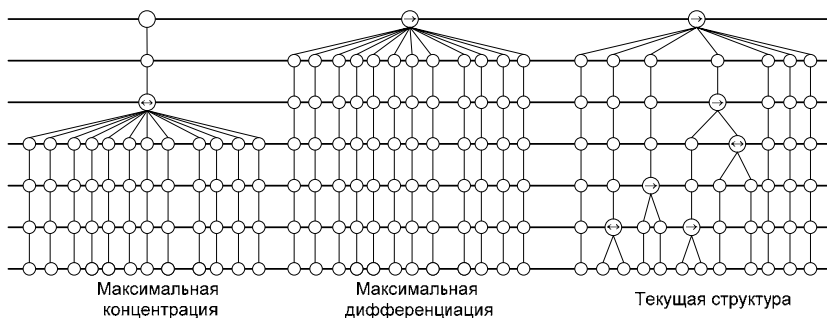


Рис. 8. Классификация структур ТП

Для структур, приведенных на рисунке 8, получаем, что текущая структура ближе к максимальной концентрации. Классификация на основе вектора структуры может выполняться с помощью сети Кохонена, которая имеет количество рецепторов аналогичное размерности вектора, а количество нейронов зависит от количества предполагаемых классов.

Выводы.

Предложенная методика классификации структур технологических процессов может быть использована, как при поиске унифицированных технологических процессов в базе данных системы САПР ТП, так и при анализе существующих технологических процессов для их унификации. Оценка технологической структуры с помощью ИНС может быть использована при комбинаторно-оптимизационном проектировании технологических процессов, как мера сходства рассматриваемых вариантов технологических процессов.

Список литературы: 1. Проектирование технологий машиностроения на ЭВМ: Учебник для вузов/ О.В. Таратынов, Б.М. Базров, В.В. Клепиков, О.И. Аверьянов и др.; Под ред. О.В. Таратынова. – М.: МГИУ, 2006. – 519с. 36. 2. Искусственный интеллект: применение в интегрированных производственных системах/ Под. ред. Э. Кыюсиака; пер. с англ. А.П. Фомина Под. ред. А.И. Дашенко. – М.: Машиностроение, 1991.–544с. 3. Горанский Г.К., Бендерова Э.И. Технологическое проектирование в комплексных автоматизированных системах подготовки производства – М.:Машиностроение, 1981. – 456с. 4. Игорь Ямаев, Андрей Красильников ADEM CAPP – больше творчества в работе технолога / САПР и графика 10*2006 – Режим доступа: <http://sapr.ru/Archive/SG/2006/10/7/> 5. Михаил Коржев ВЕРТИКАЛЬ v2: снова только хорошие новости / САПР и графика 9*2006 – Режим доступа: <http://sapr.ru/Archive/SG/2006/9/35/> 6. Алексей Ковалев T-FLEX Технология 10 — ваша профессиональная система проектирования технологических процессов / САПР и графика 9*2006 – Режим доступа: <http://sapr.ru/Archive/SG/2006/9/27/> 7. Татьяна Белей САПР ТП ВЕРТИКАЛЬ: технологию проектировать просто! / САПР и графика 3*2006 – Режим доступа: <http://sapr.ru/Archive/SG/2006/3/34/>

Поступила в редакцию 20.04.2010